

0- 795290

На правах рукописи

*Leifeng*

**САЛАХОВА ЛЕНАРА НАИЛЕВНА**

**ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ  
НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ  
ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА**

**Специальность 25.00.12 – «Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых  
месторождений»**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук**

**Москва – 2012**

0000808151

Работа выполнена на кафедре промышленной геологии нефти и газа Российского государственного университета имени И.М. Губкина (РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина) и в Татарском научно-исследовательском и проектном институте нефти (ТатНИПИнефть) ОАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

**Научный руководитель:** доктор геолого-минералогических наук,  
Лобусев Александр Вячеславович

**Официальные оппоненты:** доктор геолого-минералогических наук,  
профессор по кафедре геологии  
Халимов Элик Мазитович

кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент по кафедре бурения  
Бурханов Рамис Нурутдинович

**Ведущая организация:** Федеральное государственное унитарное  
предприятие «Институт геологии и разработки  
горючих ископаемых» (ИГиРГИ)

Защита состоится 29 мая 2012 г в 15.00 в аудитории 232 на заседании диссертационного  
Совета Д 212.200.02 при Российском государственном университете нефти и газа им.  
И.М. Губкина по адресу: 119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина.

Автореферат разослан 26 апреля 2012 г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000808151

Ученый секретарь  
диссертационного совета,

Е.А. Леонова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность проблемы

На современном этапе развития нефтяной промышленности Татарстана состояние сырьевой базы республики претерпело значительные изменения. Основная доля запасов, приходящаяся на высокопродуктивные отложения терригенного девона гигантского Ромашкинского месторождения, на сегодняшний день выработана на 93,3%. В этих условиях возникает необходимость ввода в эксплуатацию залежей с более сложным геологическим строением, принятия мер по обеспечению максимального коэффициента нефтеизвлечения по залежам, находящимся в поздней стадии разработки. При этом все более усложняются условия извлечения нефти из продуктивных пластов.

Терригенные отложения нижнекаменноугольной системы являются вторым по запасам эксплуатационным объектом после девонских на Ромашкинском месторождении и одним из основных объектов разработки на остальных средних и мелких по величине запасов месторождениях Татарстана. По мере истощения запасов девонских залежей и освоения залежей в терригенной нижнекаменноугольной толще доля последних в добыче нефти постоянно возрастала и в настоящее время приближается к 30 %.

В отличие от высокопродуктивных девонских залежей нижнекаменноугольные характеризуются иными условиями залегания, более сложным структурно-геологическим строением, обусловленным наличием эрозионных врезов, высокой степенью неоднородности продуктивных пластов, повышенной вязкостью нефти. Это выдвигает новые, повышенные требования к проектированию системы разработки таких залежей, так как традиционные подходы не всегда оказываются достаточно эффективными для весьма сложных геологических условий залегания углеводородов в недрах.

### Цель работы

Совершенствование методов геолого-промыслового моделирования сложнопостроенных залежей нефти, приуроченных к продуктивным нижнекаменноугольным отложениям, для проектирования разведки и оптимальной системы разработки на примере нефтяных месторождений Волго-Уральского региона.

## **Основные задачи исследований**

1. Изучение особенностей геологического строения нижнекаменноугольных продуктивных отложений с целью создания основы для геологического моделирования изучаемых залежей нефти.

2. Создание геологических моделей, пригодных для гидродинамических расчетов, адекватных реальным условиям, отображающих основные геолого-физические факторы, оказывающих влияние на условия выработки запасов нефти из пластов и конечное нефтеизвлечение.

3. Совершенствование и адаптация методов геолого-промыслового моделирования на примере бобриковских и турнейских залежей нижнекаменноугольной системы с целью выбора рациональной системы разведки и разработки.

4. Создание геологических моделей нижнекаменноугольных залежей нефти, в том числе осложненных врезowymi телами. Разработка и стандартизация методики построения геолого-промысловой модели сложнопостроенной залежи.

5. Геологическое обоснование возможности совершенствования уже реализованных систем разработки, обеспечивающих повышение охвата заводнением сложнопостроенных нижнекаменноугольных залежей нефти.

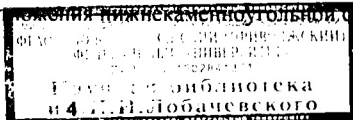
## **Методы решения поставленных задач**

Поставленные задачи решались путем аналитических исследований, анализа и обобщения геолого-геофизических и геолого-промысловых данных, методами геологического и математического моделирования с применением современных ПЭВМ и программного обеспечения.

## **Фактический материал**

Диссертационная работа является итогом обобщения большого фактического материала по геологическому строению, нефтеносности, геофизической и литологической характеристикам отложений бобриковского горизонта и турнейского яруса нижнекаменноугольной системы месторождений Татарстана и сопредельных районов.

Научные выводы соискателя базируются на результатах детальной корреляции 2115 скважин, интерпретации каротажных диаграмм 615 скважин, анализа и обобщения промысловых данных более 2 тысяч эксплуатационных скважин, вскрывших продуктивные бобриковские и турнейские отложения нижнекаменноугольной системы.





## **Научная новизна**

1. Разработана и апробирована методика построения трехмерной геолого-промысловой модели сложнопостроенной залежи нефти на основании комплексирования обширной геолого-физической, литологической, геофизической и геолого-промысловой информации, характеризующей свойства изучаемых объектов.

2. Построены обновленные геолого-промысловые модели сложнопостроенных нижнекаменноугольных залежей нефти, способствующие повышению качества дифференцированного подсчета запасов нефти по пластам, увеличению детальности гидродинамической модели и повышению точности дальнейших расчетов.

3. Разработан и апробирован способ графического отображения многопластовых геологических объектов на основе геолого-промысловой типизации продуктивных разрезов бобриковского горизонта на примере группы месторождений (патент № 2115092 РФ).

4. На базе трехмерного геологического моделирования обоснован комплексный методический подход, позволяющий более целенаправленно проводить выбор мероприятий по интенсификации и совершенствованию разработки месторождений.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

- На основе анализа и обобщения геолого-промыслового опыта и результатов изучения геологического строения залежей нефти, приуроченных к бобриковскому горизонту и турнейскому ярусу, построены трехмерные геолого-промысловые модели Нератовского поднятия Соколкинского месторождения, Красноярского и Биклянского месторождений, залежи №40 Ромашкинского месторождения, которые легли в основу диссертационной работы. Построенные 3D модели позволяют обеспечить адекватность изучаемым природным объектам в соответствии со степенью геолого-геофизической изученности.

- Показана геолого-промысловая информативность и эффективность разработанной методики выделения нижнекаменноугольных эрозионных врезов для целей подсчета запасов и проектирования разведки и разработки.

- Изложенные в работе материалы использованы в практике работ ОАО «Татнефть». За период с 1992 по 2011 годы автор принял участие в составлении 30 проектных и технологических документов на разработку месторождений и залежей в качестве

автора и соавтора. В настоящее время эти документы утверждены и реализуются на нефтегазодобывающих предприятиях.

- На основе «Способа графического отображения многопластовых геологических объектов» (патент №2115092 РФ) осуществлена геолого-промысловая типизация разреза бобриковского горизонта на залежи №31 Ромашкинского месторождения, на Соколкинском, Биклянском, Дунаевском месторождениях.

- Все созданные модели переданы в НГДУ «Прикамнефть», «Елховнефть», «Ямашнефть», «Джалильнефть», ОАО «Татнефтепром» и используются геологическими службами предприятий при решении конкретных практических задач.

### **Основные защищаемые положения**

1. Геологическое обоснование выбора технологий построения геологических моделей для целей проектирования разведки и разработки сложнопостроенных залежей нефти в нижнекаменноугольных отложениях.

2. Уточненная геолого-промысловая модель нижнекаменноугольных залежей нефти Нератовского поднятия Соколкинского месторождения, осложненных врезами.

3. Типизация разрезов бобриковского горизонта на основе построения геолого-промысловых моделей многопластовых резервуаров.

4. Геологические результаты комплексного дифференцированного анализа эффективности метода разработки с применением закачки воды и выработки запасов из пластов нижнекаменноугольных залежей нефти, осложненных врезами.

### **Апробация работы**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- научно-практической конференции «Проблемы разработки нефтяных месторождений и подготовки специалистов в вузе» (к 40-летию высшего нефтяного образования в Республике Татарстан) (г. Альметьевск, 1996г.);

- республиканской научно-практической конференции «Проблемы разработки залежей нефти с карбонатными коллекторами» (г. Уфа, 1997 г.);

- научно-практической конференции «Опыт разведки и разработки Ромашкинского и других крупных месторождений Волго-Камского региона» к 50-летию открытия Ромашкинского нефтяного месторождения (г. Лениногорск, 1998 г.);

- научном семинаре-дискуссии «Горизонтальные скважины: бурение, эксплуатация, исследование» (п. Актюба, 2-3 декабря 1999 г.);
- научно-практической конференции «Новые идеи в поиске, разведке и разработке нефтяных месторождений» (г. Казань, 2000г.);
- молодежной научно-практической конференции «Техника, технология и экономика разработки и эксплуатации нефтяных месторождений Татарстана в начале XXI века» (ОАО «Татнефть», г. Альметьевск, 2001 г.)
- научно-практических конференциях молодых ученых «Мы – геологи XXI века» (г. Казань, 2001,2002 г.г.);
- технических ярмарках идей ОАО «Татнефть» (г. Альметьевск, 1996, 2001 г.г.);
- научно-практической конференции, посвященной 70-летию начала добычи башкирской нефти «Состояние геолого-разведочных работ, разработки и эксплуатации нефтяных месторождений АНК «Башнефть» и пути повышения их эффективности» (ДООО «БашНИПИнефть», г. Уфа, 2002 г.);
- научном семинаре секции «Геология, разработка нефтяных и газовых месторождений» (Казань, ТГРУ, 2011 г.);
- Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России» (Москва, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012 г.)

#### **Публикации и личный вклад автора**

Автором созданы геолого-промысловые модели всех рассматриваемых в работе месторождений и типизация разрезов на основе «Способа графического отображения многопластовых геологических объектов», защищенный патентом №2115092 РФ. Автор принимала непосредственное участие в создании геологической основы проектных документов на разработку Биклянского, Соколкинского, Красноярского месторождений и залежи №40 Ромашкинского месторождения. Основные научные положения и практические результаты диссертационной работы опубликованы в 14 печатных работах, включающие 13 статей и 1 патент РФ, в том числе 2 статьи в перечне ВАК РФ.

#### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 185 страницах машинописного текста, включая 17 таблиц и 62 рисунка. Список литературы включает 108 наименований.

## **Благодарности**

Автор выражает искреннюю благодарность за оказанную помощь при работе над диссертацией, квалифицированные советы и консультации научному руководителю – зав. кафедрой промысловой геологии нефти и газа, проф. А.В. Лобусеву, сотрудникам кафедры промысловой геологии нефти и газа проф. И.П. Чоловскому, проф. И.С. Гутману, проф. С.Б. Вагину, проф. В.П. Филиппову, доц. М.А. Лобусеву, доц. Ю.А. Вертиевцу.

Автор выражает глубокую признательность заместителю директора института «ТатНИПИнефть», к.т.н. И.М. Бакирову, а также к.т.н. И.Н. Хакимзянову, д.т.н. Р.Х. Низаеву, к.г.-м.н. А.Н. Хамидуллиной, к.т.н. А.Т. Зарипову, к.т.н. Р.Г. Рамазанову, Н.И. Зевакину, Г.Н. Воронцовой, Л.Р. Оснос за многолетний совместный труд и неоценимую помощь в проведенных исследованиях.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** дано обоснование актуальности темы диссертации, определены цель и задачи исследований, сформулированы научная новизна и практическая ценность работы, изложены основные защищаемые положения.

**В первой главе** «Геолого-промысловое изучение нижнекаменноугольных отложений» показано многоэтапное развитие методов геолого-промыслового моделирования, а также методические особенности геолого-промыслового изучения нижнекаменноугольных отложений.

В настоящее время обстановка в области проектирования разработки нефтяных месторождений существенно осложнилась. Все чаще возникает необходимость вовлечения в разработку залежей с весьма сложным геологическим строением, залежей с остаточными трудноизвлекаемыми запасами нефти.

В создании, внедрении и развитии методов исследований в области нефтепромысловой геологии большую роль сыграли отечественные нефтепромысловые геологи Ф.А. Бегишев, В.Д. Викторин, М.М. Иванова, Н.Н. Лисовский, М.И. Максимов, В.С. Мелик-Пашаев, М.Ф. Мирчинк, Р.Х. Муслимов, Г.П. Ованесов, Э.М. Халимов, Р.С. Хисамов, Р.Б. Хисамов, И.П. Чоловский, В.М. Юдин и др.

Изучением особенностей геологического строения, стратификации разрезов и закономерностями развития коллекторов в терригенных каменноугольных отложениях за-

нимались Л.З. Аминов, Э.З. Бадамшин, В.Г. Базаревская, Д.Н. Буракаев, Р.Т. Валиуллина, Г.И. Васясин, П.Ф. Викторов, Е.Д. Войтович, И.С. Гутман, М.М. Грачевский, Т.Е. Данилова, А.И. Кринари, И.А. Ларочкина, Т.А. Лапинская, Н.Н. Марковский, М.Н. Мельников, Р.З. Мухаметшин, Д.В. Наливкин, В.И. Троепольский, Э.М. Халимов и др.

Основополагающая роль в области геолого-промышленного моделирования залежей и корреляции пластов, в частности, принадлежит М.М. Ивановой, И.П. Чоловскому, И.С. Гутману. Этими учеными впервые в 1984 г. было сформулировано понятие природной геолого-промышленной модели.

Большой вклад в развитие и реализацию теории и практики методов геолого-промышленного и математического моделирования внесли ученые и исследователи: В.А. Бадьянов, Г.Н. Баренблатт, В.В. Бакина, И.М. Бакиров, Ю.И. Брагин, В.Д. Булыгин, Д.В. Булыгин, Г.Г. Вахитов, Ю.А. Волков, И.С. Гутман, В.А. Данилов, Л.Ф. Дементьев, В.И. Дзюба, В.М. Ентов, Н.А. Еремин, Ю.П. Желтов, М.Ю. Желтов, С.Н. Закиров, Э.С. Закиров, Р.Х. Закиров, А.Б. Золотухин, Р.Р. Ибатуллин, Р.Д. Каневская, Р.М. Кац, В.С. Ковалев, В.Е. Копылов, В.И. Леви, А.В. Лобусев, В.П. Майер, М.М. Максимов, М.В. Месеров, В.З. Минликаев, А.В. Насыбуллин, А.И. Никифоров, Р.Х. Низаев, В.Н. Панков, М.Д. Розенберг, Л.П. Рыбickaя, Б.В. Сазонов, В.Б. Таранчук, Р.Т. Фазлыев, И.Н. Хакимзянов, Н.И. Хисамутдинов, А.Н. Чекалин, И.П. Чоловский, А.Х. Шахвердиев, Р.М. Юсупов, Н. Crichlow, K. Aziz, A. Settary и др.

Крупный научный вклад в развитие промышленно-геологической интерпретации результатов геофизических исследований скважин и методов контроля за процессом разработки внесли В.Н. Дахнов, Л.Н. Воронков, Г.М. Золоева, Ю.В. Кормильцев, М.Г. Латышова, Б.М. Орлинский, Н.М. Свихнушин, С.А. Султанов, М.Х. Хуснуллин и др.

Основным продуктивным терригенным горизонтом нижнекаменноугольной системы является бобриковский. Он характеризуется такими факторами, как резкая литолого-фациальная изменчивость, выклинивание, сильное увеличение толщин. С геолого-промышленной точки зрения естественно, что наибольший интерес представляют участки с повышенными значениями эффективных толщин бобриковских пластов [1, 3]. Причем в некоторых случаях такие увеличенные мощности практически не влияют на общую толщину разреза, то есть изменение толщины происходит за счет уменьшения его нижней карбонатной части (турнейского яруса). Иными словами, песчаные тела бобриковского горизонта врезаются в массив карбонатов турнейского яруса. Такие зоны получили название эрозионных врезов.

На сегодняшний день существуют различные теории о происхождении и формировании врезов – блоковая, русловая и эрозионно-карстовая. Вопрос о происхождении и формировании врезов должен рассматриваться индивидуально для каждого месторождения с использованием знаний всех существующих теорий. Наличие врезов влияет на выработку нефти из пластов и должно учитываться при моделировании, проектировании и реализации систем разработки. Врезы требуют более тщательного и подробного рассмотрения и разделения – особенно по величине размыва и по характеру заполнения их осадочными образованиями.

**Во второй главе** «Изучение общности и различий в геологическом строении нижнекаменноугольных залежей нефти, приуроченных к различным тектоническим элементам» дана стратиграфическая характеристика рассматриваемых в работе продуктивных нижнекаменноугольных отложений, геолого-промысловая характеристика залежей нефти, коллекторские свойства пластов и физико-химические свойства пластовых флюидов.

Автором в качестве объектов исследований был выбран ряд залежей и месторождений, расположенных в разных структурно-тектонических условиях и осложненных наличием врезных зон различной степени их выраженности. Эти залежи и месторождения приурочены к различным частям Южно-Татарского свода: Соколкинское месторождение расположено на западном склоне, Биклянское месторождение – на северном, залежь № 40 Ромашкинского месторождения – на южном склоне свода [4, 5]. Кроме того, проанализировано строение Красноярского месторождения, являющегося составной частью системы поднятий Большекинского вала, который, так же, как и Южно-Татарский свод, представляет собой крупный тектонический элемент второго порядка. Нефтеносность всех этих месторождений связана с терригенными отложениями бобриковского горизонта и карбонатами турнейского яруса нижнекаменноугольной системы, которые представляют собой единый стратиграфический продуктивно-нефтеносный этаж. В работе приведено подробное описание геологического строения всех рассматриваемых месторождений. В табл. 1 представлена геолого-нефтепромысловая характеристика бобриковских залежей.

На Соколкинском месторождении отложения бобриковского горизонта имеют повсеместное распространение и вскрыты всеми скважинами, пробуренными на этой территории. Бобриковские нефтеносные отложения вскрыты в 119 скважинах (65%) из 184 пробуренных на Нератовском поднятии.

Таблица 1

Геолого-нефтепромысловая характеристика бобриковских залежей

Параметры	Месторождения					
	Соколин-ское	Биклянское		Залежь № 40		Красно-ярское
		Биклян-ский участок	Зайцев-ский участок	I участок	II участок	
Глубина залегания, м	1172,7	1171		1133		1654
Тип залежи	пласт-свод.	пласт-свод.		пласт-свод.		пл.-свод.
Общая нефтенасыщенная толщина, м	16,0	7,1	15,4	8,5		7,8
Эффект. нефтенасыщенная толщина, м	4,0	6,0	6,9	3,8		6,6
Абсолютная отметка ВНК, м	-927,1	-978,0	-916,0	-902,0	-914,0	-1523,0
Этаж нефтеносности, м	50,4	17,0	15,4	16,2	16,7	40,0
Размер залежи, км	6,1x2,7	2,0x1,0	1,0x0,6			7,5x5,6
Коэффициент песчанистости, д.ед.	0,443	0,580	0,470	0,600		0,899
Расчлененность	1,8	2,7	2,3	1,9		1,465

В соответствии со “Стандартом по интерпретации ГИС “Алгоритмы определения параметров продуктивных пластов нефтяных месторождений республики Татарстан” автором впервые было произведено расчленение разреза бобриковского горизонта на пласты  $C_{1bbII}$ ,  $C_{1bbI}^3$ ,  $C_{1bbI}^2$ ,  $C_{1bbI}^1$  и  $C_{1bb0}$  на этом месторождении. Породы-коллекторы, в основном, представлены песчаниками, в некоторых скважинах пласты слагаются алевролитами. Для продуктивных отложений бобриковского горизонта характерна довольно высокая степень неоднородности, пласты характеризуются литологической изменчивостью.

Пласты  $C_{1bbII}$  и  $C_{1bbI}^2$  имеют ограниченное распространение на территории месторождения. Наиболее широкое распространение имеет пласт  $C_{1bb}^3$ . Пласт  $C_{1bbI}^1$ , представленный маломощными осадками, на площади встречается в единичных скважинах. В 26% скважин месторождения пласты  $C_{1bbII}$  и  $C_{1bbI}^3$  не разделяются, пласты  $C_{1bbI}^3$  и  $C_{1bbI}^2$  сливаются в 52% скважин. Над пластом  $C_{1bbII}$  плащеобразно залегают глинисто-карбонатные отложения тульского горизонта, которые являются покровной для бобриковских залежей.

В наиболее активных в тектоническом отношении участках месторождения происходил интенсивный размыв терригенных отложений елховского горизонта и карбонатов турнейского яруса, в результате чего образовались эрозионные врезы. Во врезях, в свою очередь, шло последующее накопление терригенных осадков (песчаников, глин и алевролитов), завершившееся местами отложением углей и

углистых сланцев. Под углями выделяются пласты серии C<sub>1</sub>bb0. Максимальные значения нефтенасыщенных толщин приурочены к зонам развития врезов. На Нератовском поднятии 36 скважин вскрыли врезовые отложения.

Сложность строения залежей рассматриваемых месторождений обусловлена, главным образом, наличием эрозионных врезов (Соколкинское месторождение, залежь № 40), которые, в свою очередь, связаны как с терригенными коллекторами бобриковского горизонта, так и с карбонатными коллекторами турнейского яруса. В связи с этим автором были рассмотрены также турнейские залежи (таблица 2).

Таблица 2

Геолого-нефтепромысловая характеристика турнейских залежей

Параметры	Месторождения			
	Соколкинское		Красноярское	
	кизеловско-черепетский	упино-малевский	Красноярское поднятие	Северо-Восточный купол
Глубина залегания, м	1181	1204	1665	
Тип залежи	массивный	массивный	массивный	
Общая нефтенасыщенная толщина, м	27,0	17,8	33,6	
Эффективная нефтенасыщ. толщина, м	8,8	8,3	12,3	
Абсолютная отметка ВНК, м	-933,2		-1537,0	
Этаж нефтеносности, м	54,5		35,0	22,0
Размер залежи, км	6,2х2,5		9,5х7,5	2,3х1,9
Доля проницаемых прослоев в карбонатном массиве, д.сд.	0,429	0,587	0,455	
Расчлененность	5,073	3,927	3,610	

Все рассмотренные автором месторождения являются сложными по своему геологическому строению, многопластовыми, многозалежными и средними по величине запасов. Отличительной особенностью бобриковского горизонта на всех месторождениях является литологическая изменчивость по площади и высокая неоднородность по разрезу. Все перечисленные аспекты позволяют отнести запасы нефти рассматриваемых месторождений к категории трудноизвлекаемых.

**В третьей главе «Разработка методики геолого-промыслового моделирования залежей нефти, осложненных врезами»** автором предложена методика выделения врезов на основе корреляции разрезов скважин, построения геологической модели и анализа толщин, рассмотрены особенности геологического строения залежей нефти, осложненных врезами.



При создании геологической основы для проектирования оптимальной системы разработки последовательно совершается: выделение на площади залежи границ распространения врезов; изучение строения врезов по разрезу, выявление закономерностей распространения внутриврезовых песчаных тел и связанных с ними залежей нефти; изучение взаимосвязи внутриврезовых залежей нефти с залежами нефти вмещающих отложений турнейских карбонатов и бобриковскими коллекторами вневрезовой зоны [9, 10, 11].

Для выявления скважин, вскрывших врезовой разрез, и дальнейшего определения границ распространения врезов по площади и изучения их геологического строения по разрезу автором предлагается использовать метод анализа толщин с привлечением статистических распределений. В качестве основного параметра, который использовался в процессе анализа, была выбрана общая толщина различных комплексов. Для этого автором были построены характеристики распределения общих толщин: турнейского комплекса, незатронутого размывом; турнейского комплекса (в т. ч. с размывом); нижнетурнейского подъяруса; верхнетурнейского подъяруса; отложений продуктивного бобриковско-радаевского комплекса. В результате анализа полученных характеристик распределения толщин различных комплексов рассматриваемого продуктивного разреза автором был выявлен ряд характерных особенностей и закономерностей. Так, распределение общих толщин турнейских отложений по всем скважинам выявило четкое разделение групп скважин с нормальным (полным) разрезом и скважин, вскрывших врез (с неполным разрезом) (рис. 1а). Толщины, соответствующие скважинам без размыва, подчиняются нормальному закону распределения – полигон распределения имеет компактное расположение благодаря незначительному разбросу параметра общей толщины (рис. 1б). Распределение толщин нижнетурнейского подъяруса, ограниченного реперными поверхностями Rp-1-Rp-3, является довольно однородным. Это подтверждает тот факт, что упино-малевские отложения на месторождении размывом практически не затронуты (рис. 1в). Наиболее интенсивному размыву на территории месторождения подверглись кизеловско-черепетские отложения, что подтверждается распределением толщин данного комплекса (рис. 1г).

В общую толщину бобриковско-радаевского комплекса входят и внутриврезовые отложения, поэтому название исследуемого комплекса следует считать условным. Данное распределение также выявило четкое разделение разреза на два вида: незатронутый

размывом и размытый, что подтверждается полученным графиком распределения (рис.1д).

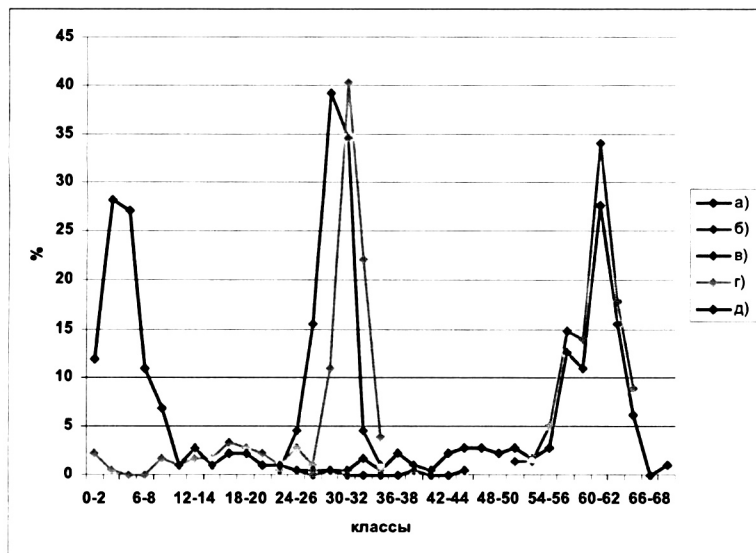


Рисунок 1. Распределение общих толщин  
а) турнейского яруса; б) турнейского яруса по скважинам без размыва; в) нижнетурнейского подъяруса; г) верхнетурнейского подъяруса; д) бобриковско-радаевского комплекса

Таким образом, распределения параметров общей толщины турнейского, верхнетурнейского и бобриковско-радаевского комплексов имеют следующую особенность. Параметры толщины первых двух распределений изменяются в широких пределах – от 0 до граничного значения толщины, что говорит о большом разнообразии врезов по глубине размыва. Для третьего бобриковско-радаевского комплекса толщины отложений имеют также широкий диапазон изменения – от граничного значения в 11 м до 45,4 м.

Геолого-промысловая практика показывает, что для подсчета запасов нефти и создания эффективной системы разработки объекта, осложненного эрозионным врезом, необходимы детальные сведения о границах палеорусел. Поэтому одним из важных и первоначальных этапов моделирования залежей нефти является выделение границ распространения врезов. Для этого необходимо построить карты общих толщин массивов пород, участвующих в вычислении и определении аномальных рядов толщин [9].

По исследуемым параметрам были построены семь разновидностей карт с соблюдением определенной последовательности при построении.

1. Вначале отстраивается карта общих толщин бобриковского массива от Rp-6 до кровли турнейского яруса, начиная с верхней части исследуемого продуктивного разреза. На карте четко выделяются области аномально повышенных значений толщин терригенных отложений.

2. На следующей карте, отражающей изменение общих толщин карбонатов от кровли турнейского яруса до Rp-1, прослеживаются области пониженных значений толщин карбонатных отложений турнейского яруса.

3. На карте общих толщин отложений верхнетурнейского подъяруса от кровли турнейского яруса до реперной поверхности Rp-3 прослеживается определенная зональность, аналогичная карте 2, но с меньшими значениями толщин.

Методический подход, используемый автором при построении первых трех карт, представляет собой способ определения развития аномальных зон. При совпадении ареалов распространения этих зон в плане получаем решение поставленной задачи на качественном уровне.

4. Зоны развития аномальных толщин отсутствуют на карте общих толщин отложений нижнетурнейского подъяруса от Rp-3 до Rp-1, что подтверждает версию о том, что эти отложения практически не затронуты процессами эрозии или врезобразования.

5. На карте общих толщин бобриковского горизонта от Rp-6 до Rp-5 представлено изменение толщин нормального вневрезного терригенного комплекса.

6. Карта общих толщин массива от реперной поверхности Rp-5 до Rp-1 – общая толщина отложений турнейского яруса, в том числе восстановленной путем корреляции в скважинах, вскрывших эрозионные врезы.

7. Результирующая карта общих толщин отложений врезового массива от реперной поверхности Rp-5 до кровли турнейского яруса получена путем вычитания данных карты 2 из данных карты 6 (рис. 2). В результате проведенных операций получили карту общих толщин врезовых комплексов в скважинах. Нулевые значения толщин в скважинах соответствуют отсутствию размыва в данной скважине, значения толщин в скважинах, отличные от нуля, соответствуют величине размытой части турнейского яруса.

Построенная на основе предложенного автором методического подхода карта толщин отложений врезового комплекса дает картину развития эрозионных врезов на Нератовском поднятии Соколкинского месторождения.

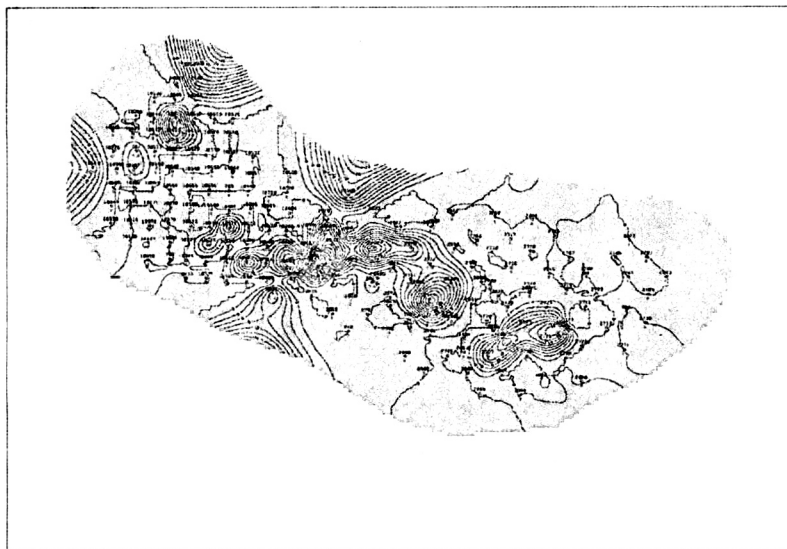


Рисунок 2. Карта общих толщин врезового массива от R<sub>1</sub>-I до кровли турнейского яруса

В четвертой главе «Создание геолого-промысловых моделей нижнекаменноугольных залежей нефти» представлены построенные по всем рассматриваемым в работе месторождениям геолого-промысловые модели, приведены подсчитанные запасы нефти [6, 7, 8].

Как известно, на современном этапе проектирования нефтяных месторождений неотъемлемой частью является геологическое моделирование эксплуатационного объекта. На примере моделирования объектов Соколкинского месторождения, осложненных врезами, был реализован формализованный метод построения геометрического каркаса залежи, который стал основой будущей стратиграфической структурной модели. Этот метод основан на схематизации описания разреза бобриковско-турнейских отложений, осложненных и не осложненных врезами. Предложена схема описания пластов, которая одинаково работает для разных типов разрезов, выявленных на данном месторождении. Тем самым достигнут стандартный или формализованный подход при построении геологических моделей залежей, осложненных врезами. Структурно-стратиграфическая модель продуктивных отложений Соколкинского месторождения состоит из 9 пластов, 348 слоев, 135 колонок, 91 ряда, 4275180 ячеек. Структурно-стратиграфический каркас бобриковско-турнейских отложений представлен на рисунке 3. Распределение парамет-

ров пористости и нефтенасыщенности в разрезе по линии скважин Нератовского поднятия представлены на рисунке 4.

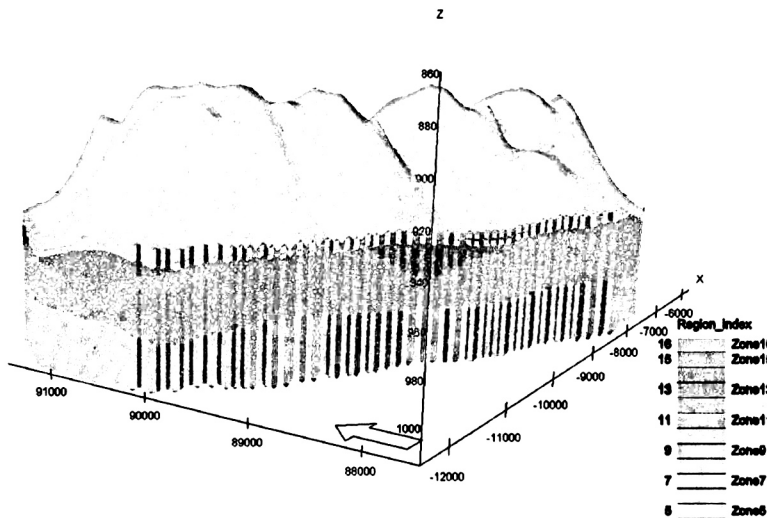
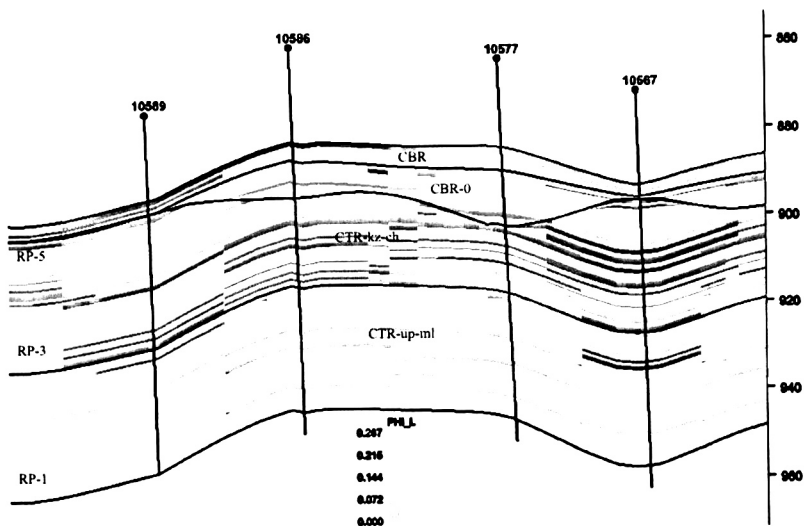


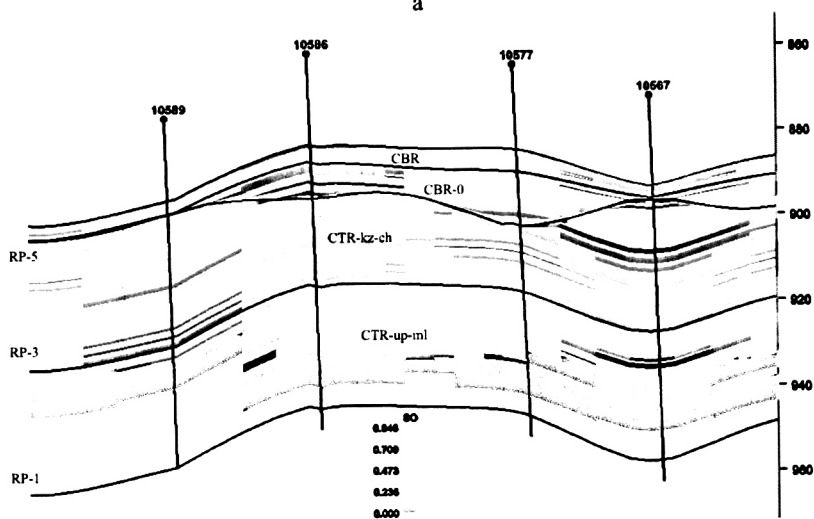
Рисунок 3. Структурно-стратиграфический каркас Нератовского поднятия  
Соколкинского месторождения

С использованием модуля суммирования/осреднения были рассчитаны продуктивные объемы по каждому объекту. Начальные геологические запасы нефти подсчитаны объемным методом по всем рассмотренным месторождениям. Начальные геологические запасы нефти по Нератовскому поднятию, подсчитанные в модели, имеют допустимую сопоставимость с утвержденными запасами (по бобриковскому горизонту: +3,3 %, по турнейскому ярусу: +0,6 %).

Анализ структуры запасов, подсчитанных в программном комплексе Irap RMS, показал весьма неоднородное распределение начальных запасов по пластам бобриковского горизонта (таблица 3). Максимальное количество запасов сосредоточено в пласте  $C_{1bb1}^3$  (51,8%), который является доминирующим как по площади распространения, так и по толщине [8]. По своим коллекторским свойствам он практически идентичен с другими бобриковскими пластами. Вторым по запасам на Нератовском поднятии является комплекс  $C_{1bb0}$  (32,1 %). Несмотря на то, что он имеет локальное распространение, пласты внутриврезового комплекса отличаются от бобриковских степенью нефтенасыщен-



а



б

Рисунок 4. Соколкинское месторождение. Распределение пористости (а) и нефтенасыщенности (б) в разрезе по линии скважин 10589-10586-10577-10567.

ния – 0,821 д.ед. (0,737-0,766 д.ед. – в бобриковских пластах) и средним значением эффективной нефтенасыщенной толщины – 4,0 м (1,1-1,9 м – в бобриковских пластах).

Таким образом, стратиграфическое расчленение разреза бобриковского горизонта имеет определяющее значение.

Таблица 3

Структура запасов бобриковского-турнейских отложений (Irnp RMS)  
Соколкинского месторождения

Горизонт, ярус	Пласты	Нач. геол. запасы нефти, тыс.т	%	Коэффициент извлечения нефти	Нач. извлеч. запасы нефти, тыс.т	%
Бобриковский	C <sub>1</sub> bbП	170,145	6,3	0,359	61,082	6,3
	C <sub>1</sub> bbI <sup>3</sup>	1391,152	51,8		499,424	51,8
	C <sub>1</sub> bbI <sup>2</sup>	230,956	8,6		82,913	8,6
	C <sub>1</sub> bbI <sup>1</sup>	31,309	1,2		11,240	1,2
	C <sub>1</sub> bb0	861,915	32,1		309,427	32,1
	Всего по горизонту	2685,478	100		964,086	100
Турнейский	C <sub>1</sub> kz-сг	7491,596	71,2	0,260	1947,815	71,2
Всего по ярусу	C <sub>1</sub> up- ml	3029,464	28,8	0,260	787,661	28,8
		10521,06	100		2735,476	100

Построенные геолого-промысловые модели нижнекаменноугольных залежей нефти, осложненных эрозионными врезами, имеют исчерпывающую детальность геологического строения. Учет геологической неоднородности продуктивных пластов способствует увеличению детальности гидродинамической модели, что приводит к повышению точности расчетов в математическом моделировании.

В пятой главе «Геолого-промысловое обоснование проектирования разработки месторождений» представлены геолого-промысловая типизация продуктивного разреза бобриковского горизонта и влияние выявленных геолого-промысловых особенностей эксплуатационных объектов на эффективность выработки запасов на примере Соколкинского и Красноярского месторождений [11, 13, 14].

Как известно, одними из важнейших вопросов, решаемых нефтепромысловой геологией, являются определение степени выработки запасов нефти из пластов, оценка влияния на выработку запасов существующей системы разработки, выявление застойных зон с нетронутыми запасами нефти, планирование работ по вовлечению этих запасов в разработку для снижения темпов падения добычи и достижения максимально возможного коэффициента извлечения нефти. Для решения перечисленных задач автором предлагается использовать карты расчлененности или карты геолого-промысловой типизации [14]. Эти карты являются одним из методов графического изображения многопластовых сложнопостроенных объектов разработки. Используя результаты геофизических и геолого-промысловых исследований (т.е. информацию о количестве и сочетании в разрезе пластов или пропластков по скважинам, о фильтрационно-емкостных и коллекторских свойствах пластов или пропластков), производится выделение типов разре-

зов изучаемого объекта. В предлагаемой методике построения карт геолого-промысловой типизации разрезов учитывается также наличие или отсутствие гидродинамической связи между пластами или пропластками. Для графического отображения всех типов встречающихся в изучаемом объекте разрезов скважин используется система условных обозначений в цветном изображении (рис. 5). Предлагаемый способ графического отображения многопластовых сложнопостроенных геологических объектов позволяет отражать на карте: количество пластов эксплуатационного объекта; взаиморасположение пластов, слагающих объект; наличие или отсутствие между пластами гидродинамической связи; сведения о фильтрационно-емкостной характеристике пластов; сведения о перфорации пластов. Такие карты рекомендуется использовать при изучении геологического строения, проектировании и анализе разработки сложнопостроенных залежей нефти, представленных терригенными отложениями.

В результате геолого-промыслового анализа заводнение коллекторов было установлено в пределах залежей в терригенных отложениях бобриковско-радаевского горизонта и в карбонатных отложениях турнейского яруса рассматриваемых месторождений. Причем большинство случаев заводнения связано с поступлением в скважину закачиваемой воды. В таблице 4 представлено состояние выработки запасов нефти Нератовского поднятия Соколкинского месторождения.

В пределах бобриковской залежи Красноярского месторождения полное заводнение закачиваемой водой отмечено в 36 скважинах (36,7%), частичное заводнение закачиваемой водой – в 45 скважинах (45,9%), полное заводнение пластовой водой – в 2 скважинах (2%), частичное заводнение пластовой водой – в 5 скважинах (5%), 10 скважин находятся в незаводненных зонах. В пределах турнейской залежи полное заводнение закачиваемой водой отмечено в 14 скважинах (8,5%), частичное заводнение закачиваемой водой – в 113 скважинах (68,9%), полное заводнение пластовой водой – в 8 скважинах (4,9%), частичное заводнение пластовой водой – в 29 скважинах (17,7%). Средняя величина охвата коллекторов по толщине в частично заводненной зоне Соколкинского месторождения по пластам бобриковского горизонта равна 0,56, по пластам врезового комплекса – 0,51; на Красноярском месторождении по пластам бобриковского горизонта – 0,65, по пластам турнейского яруса – 0,678.

На залежах, осложненных эрозионными врезами, анализ заводнения и выработки коллекторов рекомендуется автором рассматривать дифференцированно по пластам бобриковско-радаевского горизонта и врезового комплекса [11, 13]. Для бобриковских



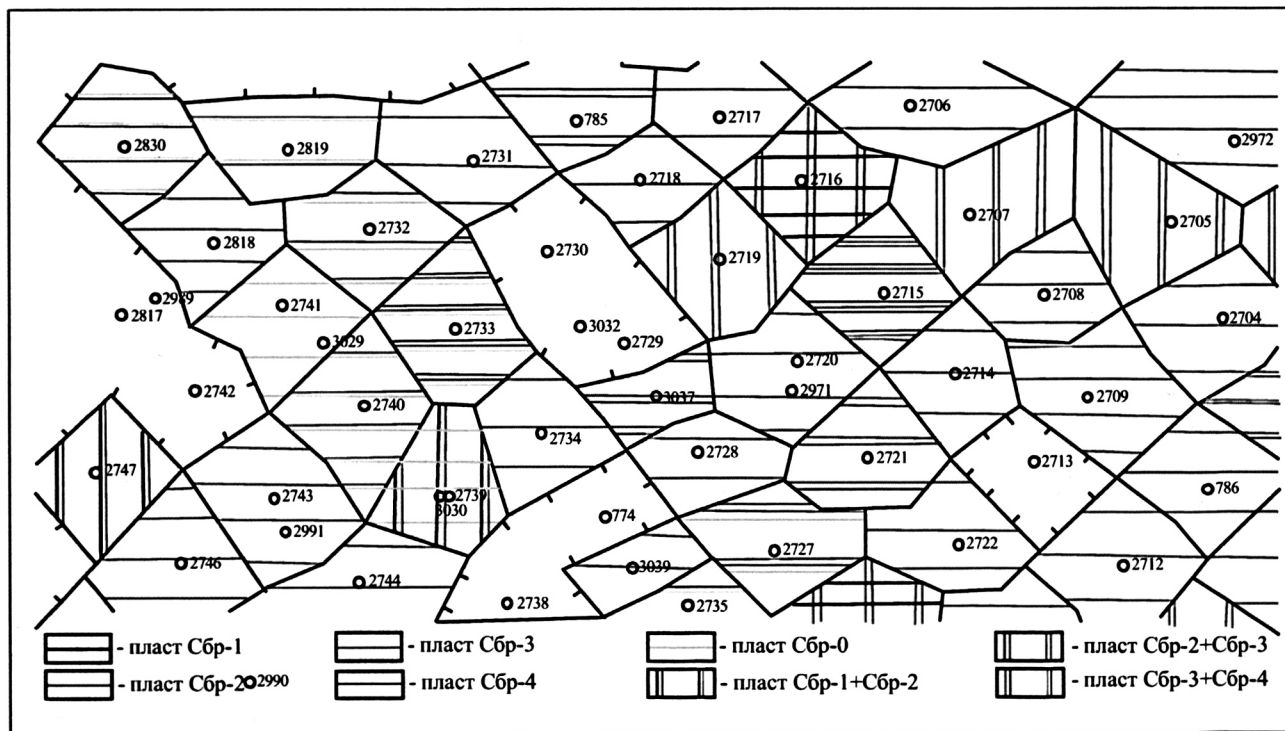


Рисунок 5. Соколкинское месторождение. Фрагмент карты геолого-промысловой типизации разреза бобриковского горизонта.

Таблица 4

**Состояние выработки запасов нефти по объектам разработки  
Соколкинского месторождения**

Горизонт, ярус	Пласты	Начальные запасы			Утверж- денный КИН	Отбор нефти на 1.01.2010 тыс.т.	Текущ. КИН	% от НИЗ	Остаточные запасы		
		геологич. тыс.т.	извлеч. тыс.т.	%					геологич. тыс.т.	извлеч. тыс.т.	%
Бобриков- ский	C <sub>1</sub> bbII	154	55	6	0,359	49,015	0,318	89	105	6	5
	C <sub>1</sub> bbI <sup>3</sup>	1337	480	52		410,203	0,307	85	926	69	52
	C <sub>1</sub> bbI <sup>2</sup>	244	88	9		85,323	0,35	97	159	3	2
	C <sub>1</sub> bbI <sup>1</sup>	31	11	1		11,309	0,333	93	21	1	1
	C <sub>1</sub> bb0	835	300	32		247,707	0,297	82	587	52	40
<b>Итого по горизонту</b>		<b>2601</b>	<b>934</b>	<b>100</b>	<b>0,359</b>	<b>802,557</b>	<b>0,308</b>	<b>86</b>	<b>1798</b>	<b>131</b>	<b>100</b>
Турней- ский	Кз-чр+ Уп-мл	10458	2719	-	0,26	2521	0,24	93	7937	198	-

пластов характерен площадной процесс заводнения, тогда как на залежах врезовых пластов C<sub>1</sub>bb0 он протекает по-разному: заводнение может происходить по терригенному пласту во врезовом теле канала, при активной эксплуатации турнейского яруса заводнение пластов C<sub>1</sub>bb0 возможно из смежных карбонатных пород. Поэтому при проведении геолого-промыслового анализа залежей, осложненных врезами, рекомендуется использовать комплексный подход. Наряду с дифференцированным анализом по пластам необходимо использовать карты геолого-промысловой типизации бобриковского объекта, карты разработки отложений бобриковского горизонта и турнейского яруса.

Результаты анализа заводнения и выработки запасов дают в целом достаточно реальную картину состояния разработки пластов рассмотренных залежей и позволяют более целенаправленно проводить выбор мероприятий по интенсификации и совершенствованию разработки месторождений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа построена на информации, полученной разными методами – геолого-физическими, лабораторными, сейсмическими, промыслово-гидродинамическими, геофизическими – по четырем месторождениям, из которых в двух месторождениях выявлены эрозионные врезы. Наиболее важные результаты диссертации заключаются в следующем.

1. Комплексное использование разнообразной информации при геолого-промышленном моделировании позволяет обеспечить адекватность модели изучаемому объекту.

2. Основные запасы нефти на месторождениях связаны с терригенными коллекторами бобриковского горизонта и карбонатами турнейского яруса, которые представляют собой единый продуктивно-нефтеносный этаж. В общем объеме имеющейся информации ведущую роль занимают данные ГИС, представляющие геолого-физические свойства этих смежных типов пород, слагающих разрез, и их взаиморасположение. Их отличительной особенностью является литологическая изменчивость по площади и высокая неоднородность по разрезу.

3. На примере нижнекаменноугольных залежей, осложненных эрозионными врезками, предложен формализованный метод построения геометрического каркаса залежи, который является основой геолого-промышленной модели. В результате достигнута возможность одновременного моделирования структурных форм с различными типами разрезов без дополнительной оцифровки границ и поверхностей. Представленный метод показал свою эффективность использования в условиях площадей с достаточно высокой степенью разбуренности (с категорией запасов А, В).

4. Созданные геолого-промышленные модели нижнекаменноугольных залежей нефти с исчерпывающей детальностью геологического строения способствуют повышению качества дифференцированного подсчета запасов нефти по пластам, увеличению детальности гидродинамической модели и повышению точности дальнейших расчетов.

5. Методика построения геолого-промышленных моделей многопластовых резервуаров на основе типизации разрезов (патент № 2115092 РФ) позволяет решать важнейшие задачи нефтепромышленной геологии – определение степени выработанности запасов нефти из пластов, оценка влияния на выработку запасов реальной системы разработки.

6. На залежах, осложненных эрозионными врезками, анализ эффективности метода заводнения пластов и выработки коллекторов рекомендуется автором рассматривать раздельно по пластам бобриковского-радаевского горизонта и врезного комплекса. На залежах врезных пластов процессы заводнения могут происходить как по терригенным пластам во врезном теле канала, так и из смежных карбонатных пород при активной эксплуатации отложений турнейского яруса. Результаты дифференцированного подхода при анализе заводнения и выработки запасов из пластов позволяют более целенаправ-

ленно проводить выбор мероприятий по интенсификации и совершенствованию разработки месторождений.

### Публикации по теме диссертации

1. Свиридова Л.Н., Шарапова (Салахова) Л.Н. Проблемы разработки трудноизвлекаемых запасов нефти на примере залежи 31 бобриковского горизонта Ромашкинского нефтяного месторождения.// Геология, разработка и эксплуатация нефтяных месторождений Татарстана. Труды ТатНИПИнефть. – г. Бугульма.- 1996. – С.34-38.

2. Свиридова Л.Н., Просвиркина Л.В., Шарапова (Салахова) Л.Н. О влиянии трещиноватости на эффективность разработки карбонатных коллекторов турнейского яруса Ново-Елховского месторождения.// Геология, разработка и эксплуатация нефтяных месторождений Татарстана. Труды ТатНИПИнефть. – г. Бугульма.- 1996. – С.44-51.

3. Свиридова Л.Н., Шарапова (Салахова) Л.Н. Проблемы разработки трудноизвлекаемых запасов нефти бобриковского горизонта Ромашкинского месторождения. // Проблемы разработки нефтяных месторождений и подготовки специалистов в вузе. Тезисы докладов научно-практической конференции. – г. Альметьевск, 1-2 ноября 1996 г. – г. Альметьевск, 1996. С. 46-47.

4. Хакимзянов И.Н., Шарапова (Салахова) Л.Н., Бакирова Г.Х., Фазлыев Р.Т., Низаев Р.Х., Ахметшакиров М.М. Обоснование применения горизонтальных скважин на Бикляном месторождении с использованием гидродинамического моделирования. // Горизонтальные скважины: бурение, эксплуатация, исследование. Материалы семинара-дискуссии. – Актоба, 2-3 декабря 1999 г. – Казань, Мастер Лайн, 2000. – С. 105-122.

5. Хакимзянов И.Н., Салахова Л.Н., Бакирова Г.Х., Фазлыев Р.Т., Низаев Р.Х., Ахметшакиров М.М. Опыт геологического и гидродинамического моделирования на примере Биклянского нефтяного месторождения. // Нефть Татарстана. – 2000, №1. – С. 57-62.

6. Салахова Л.Н., Хакимзянов И.Н. Опыт проектирования системы горизонтальных скважин на тульский горизонт на базе использования 3-D моделирования. // Техника, технология и экономика разработки и эксплуатации нефтяных месторождений Татарстана в начале XXI века. Тезисы докладов молодежной научно-практической конференции ОАО «Татнефть». – г.Альметьевск, 30 марта 2001 г. – С. 44-47.

7. Салахова Л.Н., Хакимзянов И.Н. Построение трехмерных геологических моделей многопластовых месторождений для определения оптимального варианта разработки. // Георесурсы. – Казань, 2002, №3. – С. 26-29.

8. Салахова Л.Н., Оснос Л.Р., Исаев В.А. Геолого-промысловое моделирование сложно построенных объектов на примере залежей нижнего карбона Соколкинского месторождения. // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – Москва: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2009. – С. 16-30.

9. Салахова Л.Н. Изучение геологического строения залежей нижнего карбона, осложненных эрозионными врезами. // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – Москва: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2009. – С. 30-48.

10. Салахова Л.Н. Усовершенствование методики геологического моделирования сложнопостроенных нижнекаменноугольных залежей нефти. // Нефтяное хозяйство. – 2011, № 7. – С. 15-19.

11. Салахова Л.Н., Корнилова П.Ф., Ситникова В.М. Влияние особенностей геологического строения нижнекаменноугольных залежей нефти на эффективность выработки запасов. // Сборник тезисов докладов семинара молодых специалистов секции «Геология, разработка нефтяных и газовых месторождений». – Казань. – 2011. – С. 5-6.

12. Лобусев А.В., Лобусев М.А., Чуликова И.З., Бакиров И.М., Салахова Л.Н. Совершенствование геолого-промыслового моделирования сложнопостроенных нижнекаменноугольных залежей нефти Татарстана. // Территория нефтегаз. – 2011, № 8. – С. 34-39.

13. Салахова Л.Н., Васильева В.М., Ситникова В.М., Корнилова П.Ф. Влияние особенностей геологического строения нижнекаменноугольных залежей нефти Соколкинского месторождения на эффективность выработки запасов. // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. Выпуск № LXXIX. – Москва: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2011. – С. 127-139.

14. Свиридова Л.Н., Шарапова (Салахова) Л.Н. Способ графического отображения многопластовых геологических объектов. Патент № 2115092. – Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам «Изобретения», №19 (Пч.). Заявл. 01.04.1996. Опубл. 10.07.1998. Москва, ВНИИПИ. – 1998. – С. 356.

Подписано в печать 25.04.2012 г. Формат 60х90/16

Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. п.л. 1,5

Тираж 100 экз. Заказ № 502

\* \* \*

Отпечатано в типографии «НЕФТЕГАЗ»



